普通齿蛉幼虫的消化系统结构和取食分析*

陈申芝[1] 卿玉弢[2] 朱晓英[1] 黄成军[1] 曹成全[1**]

(1. 乐山师范学院峨眉山生物多样性保护与利用研究所 乐山 614004; 2. 乐山师范学院图书馆 乐山 614004)

摘 要 研究了普通齿蛉 *Neoneuromus ignobilis* Navás 幼虫消化系统的解剖和电镜扫描结构,并结合肠道内食物残渣的成分分析了其取食特性。结果表明,普通齿蛉幼虫消化系统较为简单,无特殊的变异,消化道细长,由前肠、中肠和后肠构成,前后肠较长,分别占体长的 42% 和 47%,中肠最短,仅占总长度的 11%。前肠由食道、嗉囊、前胃组成,嗉囊明显膨大呈囊状,内部结构特殊,有 6 个相同的几丁质结构呈圈环状排列于嗉囊内壁。唾腺 1 对,位于下颚两侧,每条唾腺由约 30 根细丝聚成束棒状;胃盲囊 4 条,较为粗短;马氏管 7 条,细长。食物残渣多分布在前肠和后肠,多为黑褐色食糜、砂粒和动物体壁,说明普通齿蛉幼虫为肉食性,且多取食动物体内柔软的组织,有时还会吞进砂粒。

关键词 普通齿蛉,幼虫,消化系统,解剖,电镜扫描,取食

The structure of alimentary system and feeding analysis of the larva of *Neoneuromus ignobilis*

CHEN Shen-Zhi[1] QING Yu-Tao[2] ZHU Xiao-Ying[1] HUANG Cheng-Jun[1] CAO Cheng-Quan[1**]

(1. Institute of Biodiversity Conservation and Utilization of Mountain Emei of Leshan Teachers College, Leshan 614004, China; 2. Library of Leshan Teacher College, Leshan 614004, China)

Abstract The anatomy of the alimentary system of *Neoneuromus ignobilis* Navás larvae was studied by observation and scanning electron microscopy and their feeding characteristics combining with the composition of food residue in the intestinal tract was analyzed. The alimentary system of the *N. ignobilis* larva was simple with no special features. The tenuous alimentary canal was composed of foregut, midgut and hindgut. The foregut and hindgut were longer, comprising 42% and 47% of the total body length respectively, whereas the midgut was shorter, comprising only 11% of total body length. The foregut was composed of oesophagus, crop and proventriculus. The crop was greatly distended like a bladder. The inner structure of the crop was very unusual with six chitinous structures arranged in the crop wall like a ring. Paired, fasces-shaped, salivary glands, each of which was composed of about 30 filaments, were located in the two flanks of each mandible. There were four gastric cecae, thicker and shorter. Seven Malpighian tubules were long and thin. Food residue was mostly in the foregut and hindgut and comprised of black and brown chyme, sand and the exoskeletons of arthropods. These results indicate that *N. ignobilis* larvae are predatory and mostly feed on the soft organic parts of animals, sometimes sand accompanied by food.

Key words *Neoneuromus ignobilis*, larva, alimentary system, anatomy, scanning electron microscope, feed

广翅目 Megaloptera 隶属于昆虫纲 Insecta 脉翅总目 Neuropterida,全世界已知 2 科(齿蛉科 Corydalidae 和泥蛉科 Sialidae) 300 余种,是全变态类昆虫中最原始的类群之一,是联系不完全变态和完全变态类昆虫的关键类群,其中不乏可称为活化石的种类,还具有水质监测、生防、药用、食用、观赏等价值(杨定, 1985; Yang and Yang, 1995; 刘星月, 2008)。

* 资助项目:四川省科技厅自筹项目(2010JY0149)、四川省教育厅重点项目(09ZA042)、四川省教育厅川菜研究中心项目(CC09Z02)、乐山师范学院峨眉山生物多样性保护与利用研究所项目(08S03、10S06)。

**通讯作者,E-mail: chqcao1314@163.com

收稿日期:2010-06-24,接受日期:2010-10-02

因此，广翅目昆虫具有重要的系统地位（刘星月，2008）、科研价值和利用价值。目前，对广翅目的解剖学研究更少，就消化系统而言，仅 DuFour（1841）对 *Sialis lutaria*（Linnaeus）进行了研究。同时，对广翅目昆虫的取食习性的研究较多，多数是有关泥蛉科昆虫的研究（Lestage，1919；Bertrand，1949；Giani and Laville，1973；Pritchard and Leischner，1973；New and Theischinger，1993），少数为有关齿蛉科昆虫取食的研究（Davis，1903；Smith，1970；Stewart *et al.*，1973；Hayashi and Nakane，1988），但在这些研究中缺乏取食习性与消化系统结构的相关性分析。

消化道是昆虫摄取、运送、消化食物和吸收营养物质的器官，其形态结构反映了昆虫对食物的适应性。了解消化道的形态结构有利于更深入理解和掌握昆虫的生物学特性，同时也可以为昆虫的系统分类积累更丰富的资料（杨群芳等，2009）。本文选取齿蛉科的中国特有种普通齿蛉 *Neoneuromus ignobilis* Navás，详细研究了其幼虫的消化系统，并结合肠道内食物残渣的成分分析了其取食特性及其与消化系统结构的相关性。

1 材料与方法

供解剖的试虫为普通齿蛉的 8 龄幼虫，采自四川省乐山市大渡河。带回实验室后，选取一部分放在水中备用，另一部分用于实验室养殖至成虫，根据成虫鉴定试虫（刘星月，2008）。

将普通齿蛉活体（保证消化器官的原样和食物残渣的新鲜性）幼虫放在蜡盘上，用解剖剪上挑着轻轻地从肛门处沿着腹中线向前减至下颚，将解剖开的虫体打开，在光学解剖镜下用昆虫针和镊子剔除周围脏器和组织，剖出完整的消化道，观察各部分的构造，用九宫格法绘图，并用数码相机采集整体形态特征信息，将拍摄的数码照片传输入计算机，利用 Adobe Photoshop CS 软件进行图像的清晰度处理；用测微尺分别测量消化道嗉囊、胃盲囊、马氏管、前肠、中肠和后肠的长度，其中以食道为前肠的开端，胃盲囊为前肠和中肠的分界线，马氏管的着生部位为中肠和后肠的分界线，计算上述器官和部位的平均长度和所占比例。

从刚解剖出的普通齿蛉幼虫的前肠上剪下嗉囊部分，并将嗉囊小心地纵切开，用生理盐水冲洗干净后，迅速放入 4% 的戊二醛固定液中固定 1 h，用磷酸缓冲液冲洗 3 次，每次 15 min，用液体叔丁醇 50%、70%、80%、90%、100% 逐级梯度脱水，每次 5 min。放入 JEOL JFD－32O 冷冻干燥仪中，待干燥后的样品温度升到室温后取出，用导电胶贴在样品托上用 JEOL JFCC－160 离子溅射仪镀膜，用 JEOIJSM 6390I V 扫描电镜观察并照相。

分别把前肠、中肠、后肠解剖开，鉴别食物残渣的种类，用精密 pH 试纸测量肠道溶液的酸碱度，并用蒸馏水冲洗肠道置于电子天平上称取食物残渣重量（冲洗后的混合物重量－蒸馏水的重量＝食物残渣重量），分析取食习性。

2 结果与分析

2.1 消化系统的结构

研究结果发现，普通齿蛉幼虫的消化系统结构如下（图 1）。

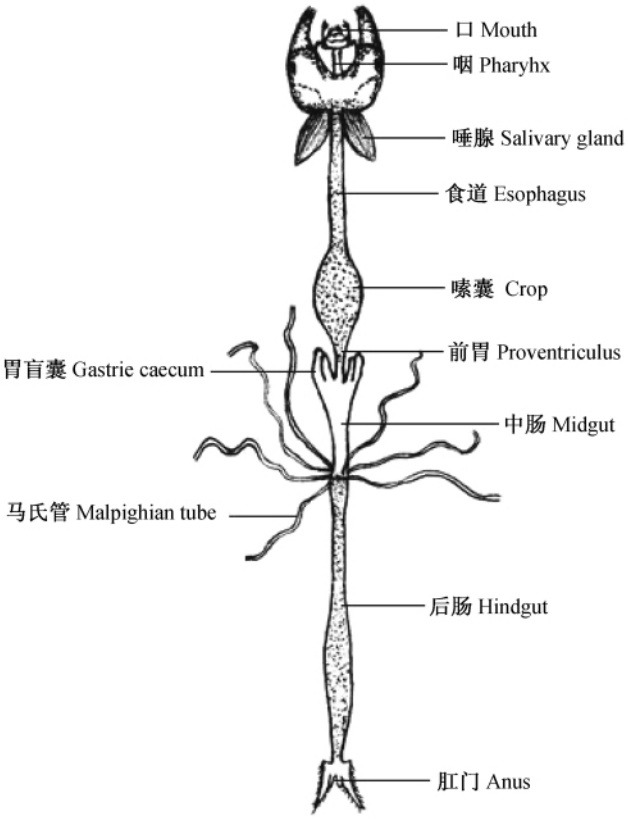

图 1 普通齿蛉幼虫的消化系统

Fig. 1 Alimentary system of the larva of *Neoneuromus ignobilis*

2.1.1 唾腺

唾腺 1 对，位于下颚两侧，长约 0.5

~0.8 cm,中部宽约 0.3 ~0.4 cm,整体呈束棒状,且由中部往两端逐步变细,由约 25 ~30 条的细管组成。

2.1.2　消化道　无特殊变异,较直且细长,分为前肠、中肠和后肠 3 部分。

2.1.2.1　前肠　前肠较为细长,向前与口、咽喉相通,由食道、嗉囊、前胃组成,其中,嗉囊明显膨大呈囊状,纵切开电镜扫描后发现囊内结构(图 2)非常特殊,内有 6 个相同的几丁质结构呈圈环状排列于嗉囊内壁,每个几丁质结构由前端的刺突(图 2: A、图 3)、刺突下的弯臂(图 2: B)、最明显的单片(图 2: C、图 4)和其下连接在嗉囊上的基柄(图 2: D) 4 部分组成,其中,每个刺突表面密布许多的微纤毛,每个单片贴附于消化道壁的那一面(图 2: E、图 4)光滑,而另一面则凹凸不平(图 4)。

图 2　嗉囊

Fig. 2　Crop

A: 刺突 Furcella; B: 弯臂 Curved arm; C: 单片 Single slice; D: 基柄 Stalk; E、F: 光滑面 Flat surface

图 3　刺突

Fig. 3　Furcella

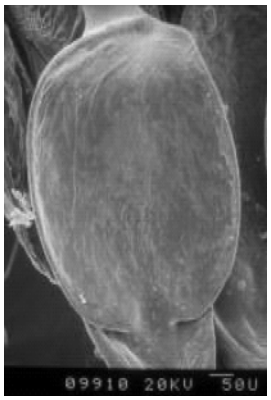

图 4　单片

Fig. 4　Single slice

2.1.2.2　中肠　不发达,一般较前、后肠稍粗短。

2.1.2.3　后肠　较为细长而匀称,不好区分回肠、结肠、直肠,后段略显膨大,末端开口于肛门。

2.1.3　胃盲囊　4 条,较为粗短,一端着生在前肠和中肠的分界点上,另一端游离,有时会轻微粘连,向头端延伸,长度约为 0.45 cm。

2.1.4　马氏管　7 条,细长,长度约为 3.19 cm,一端着生在中后肠的基部,另一端相互游离。

2.2　消化道各部分的的长度和比例

普通齿蛉幼虫的消化道各段长度及比例结果见表 1。从表 1 中可以看出,幼虫的消化道全长 6.2 cm,远大于体长(5.1 cm)。其中,后肠最长,为 2.9 cm,占总长度的 47%,前肠其次,与后肠近似,长度为 2.6 cm,为总长的 42%,而中肠最短,约为 0.7 cm,仅占总长的 11%。

表 1　普通齿蛉幼虫消化道各段长度及比例

Table 1　Length and ratio of different sections of the alimentary canal of the larva of *Neoneuromus ignobilis*

部位 Section	长度 Length(cm)	比例 Ratio
前肠 Foregut	2.6	42%
中肠 Midgut	0.7	11%
后肠 Hindgut	2.9	47%

2.3　食物残渣分析

解剖发现,幼虫消化道内存留的食物残渣不多,其中,前肠存在的食物残渣几率和量较多,其肠道内主要为黑褐色液体状粘稠物质,嗉囊内发现大量细碎的砂粒和少许砂粒状的食物碎渣; 中

肠存在的食物残渣量很少，多为褐色粘稠物，偶有少量砂粒存在；后肠的食物残渣较多，多为食糜状物，甚至发现后肠内有广翅目昆虫的体壁状物。用 pH 试纸测出前肠呈微酸性，中后肠呈中性或偏碱性。食物残渣重量平均为 0.0378 g。

3 讨论

通过对消化道内食物残渣的分析可知，普通齿蛉幼虫主要为肉食性，在取食时会吞进一些砂粒，且为了利于消化和吸收，幼虫多取食动物体内柔软的组织，而不取食或不太消化动物的外壳，这与观察到幼虫取食黄粉虫和小虾时咬破外壳后只取食内部的肉而弃掉外壳的习性相吻合，也与在后肠内观察到的广翅目昆虫的体壁残渣相吻合。

普通齿蛉幼虫取食和消化的生物学习性与其消化道的特征相吻合：较长的前肠说明普通齿蛉幼虫具有较强的存储食物的能力，一次取食就可供较长时间消化，使得其耐饥力强；非常短的中肠说明了其消化能力较弱，造成取食量非常少（与消化道内食物残渣量仅 0.0378 g 吻合），生长速度很慢（刘星月，2008）；较长的后肠说明其具有较强的对食物残渣进行重新再吸收的能力，可以充分利用食物的营养；比较发达的唾腺和围满花环状几丁质齿的发达嗉囊非常有利于食物的磨碎使食物得到较充分的预消化，从而减轻了中肠的消化负担，同时也印证了前肠中物质主要为黑褐色液体状粘稠物这一现象。胃盲囊增强了中肠消化吸收的面积和效率。前肠呈酸性为分解蛋白质的消化酶的作用提供了必要的酸性环境，使食物中的蛋白质变性，易于分解、杀灭随食物入消化道的细菌，有利于其它部分矿质元素（钙和铁）的吸收；中后肠呈碱性，说明中后肠肠壁可以分泌碱性液体，稀释消化产物，使其渗透压下降，有利于吸收，同时为消化液中各种肽酶提供碱性环境，使其处于最佳活性状态。

对比普通齿蛉（属于齿蛉科）和 *Sialis lutaria*（Linnaeus）（属于泥蛉科）（DuFour，1841）的消化系统可以看出，两者存在较大差别：前者的唾腺较为细长，呈束棒状，而后者的唾腺较短，且基半部膨大；前者消化道较长，后者消化道较短；前者有 4 条胃盲囊，而后者没有；后者在食道后部有 1 发达的支囊，而前者却未见此结构；前者的马氏管数目固定，为 7 条，而后者却为 6 ~ 8 条；前者的后肠较为细长，而后者的后肠细短。这些差别是否与两科昆虫间的取食特性相吻合，是否可以作为两科之间的鉴定特征，消化道的结构差异能否用于广翅目幼虫分类等问题还有待于进一步的研究验证。

致谢：非常感谢中国农业大学杨定教授和刘星月博士的热情鼓励和细心指导！感谢乐山师范学院 2009 级生物技术班易理玲、周静、童超、葛荧荧等同学的帮助！

参考文献（References）

Bertrand H，1949. Notes morphologiques sur les larves des *Sialis* L.（Mégaloptères，Sialidae）. *Feuille des Jeunes Naturalistes*（*N. S.*），4：5—10.

Davis KC，1903. Sialidae of north and south American. *Bulletin of the New York State Museum*，68：442—486.

DuFour L，1841. Recherches anatomiques et physiologiques sur les Orthoptères，les Hymenoptères et les Neuroptères. *Mem. Math. Savants Etrangers*，7：265—647.

Giani N，Laville H，1973. Cycle biologique et production de *Sialis lutaria* L.（Megaloptera）dans le lac de Port-Bielh（Pyrenees centrales）. *Annales de Limnologie*，9：45—61.

Hayashi F，Nakane M，1988. A radio-tracking study on the foraging movements of the dobsonfly larva，*Protohermes grandis*（Megaloptera，Corydalidae）. *Kontyû*，56（2）：417—429.

Lestage JA，1919. Notes biologiques sur *Sialis lutaria* L.（Megaloptera）. *Annales de Biologie Lacustre*，9：25—40.

刘星月，2008. 中国广翅目系统分类研究（昆虫纲：脉翅总目）. 博士学位论文. 北京：中国农业大学.

New TR，Theischinger G，1993. Megaloptera（Alderflies，Dobsonflies）. *Handbush der Zoologie*（*Berlin*），4（33）：1—97.

Pritchard G，Leischner TG，1973. The life history and feeding habits of *Sialis cornuta* Ross in a series of abandoned beaver ponds（Insecta：Megaloptera）. *Can. J. Zool.*，51：121—131.

Smith EL，1970. Biology and structure of the dobsonfly，*Neohermes californicus*（Walker）（Megaloptera：Corydalidae）. *Pan-Pacific Entomologist*，46：142—150.

Stewart KW，Friday GP，Rhame RE，1973. Food habits of hellgrammite larvae，*Corydalus cornutus*（Megaloptera：Corydalidae），in the Brazos River，Texas. *Ann. Entomol. Soc. Am.*，66：959—963.

杨定,1985. **中国齿蛉亚科的分类. 硕士学位论文. 北京: 北京农业大学**.

Yang D, Yang CK,1995. Megaloptera and aquatic Neuroptera // Morse JC, Yang LF, Tian LX (eds). Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Hohai University Press, Nanjing. 250—259.

杨群芳, 李庆, 植玉蓉, 2009. **光滑足距小蠹消化道的解剖结构. 昆虫知识**,46 (4): 623—626.

应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(4):1038—1041

瘤胫厕蝇触角感受器的超微结构观察*

任宏伟 白凤君 陆宇燕 王明福**

(沈阳师范大学化学与生命科学学院 沈阳 110031)

摘 要 应用扫描电镜对瘤胫厕蝇 *Fannia scalaris* (Fabricius) 成虫触角的外部形态结构及其感受器进行了观察和研究。结果表明,瘤胫厕蝇成虫触角上存在着 2 类感受器:毛形感受器和锥形感受器,其中毛形感受器数量最多,分为 5 种。对各种感受器的形态特点进行了描述。

关键词 瘤胫厕蝇,触角,感受器,扫描电镜,超微结构

Observation on antennal sensilla of *Fannia scalaris* with scanning electron microscope

REN Hong-Wei BAI Feng-Jun LU Yu-Yan WANG Ming-Fu**

(Colllege of Chemistry and life Science, Shenyang Normal University, Shenyang 110031, China)

Abstract Scanning electron microscopy was used to observe the antennae and sensilla of *Fannia scalaris* (Fabricius). Two types of sensilla were found on antennae: sensilla trichodea and sensilla basiconica of which sensilla trichodea were the more numerous. The sensilla trichodea were classified into 5 types. The morphological characteristics of both kinds of sensilla are described.

Key words *Fannia scalaris*, antenna, sensilla, scanning electron microscopy, ultrastructure

昆虫在一生中都在不停地寻找配偶、食物、生殖场所,这些行为主要依赖嗅觉感受器来完成(姚永生等,2004;江南等,2010)。随着对昆虫嗅觉感受器研究的逐步深入,有关双翅目昆虫触角感受器的报道日渐增多,目前已有研究表明,双翅目昆虫的触角感受器常见的种类有:毛形感受器、锥形感受器、腔锥形感受器、刺形感受器等(周志军和王世贵,2005)。但在这些双翅目昆虫触角感受器研究中,以蝇科昆虫为多(诸葛洪祥等,1985,1998,1999)。

瘤胫厕蝇 *Fannia scalaris* (Fabricius) 属厕蝇科 Fanniidae 厕蝇属 *Fannia*,与人类关系较为密切。成蝇常出现于公共场所或居室内,为传染病的传播媒介,幼虫尚可成为蝇蛆症的病原。以往对该虫的研究仅限于形态分类和有关生物学特性方面(Wang *et al.*, 2007),未见有关触角感受器的研究报道。本文观察研究了瘤胫厕蝇触角超微形态结构,描述了触角感受器的形态、结构和分布,以期为进一步探索昆虫嗅觉行为和识别机制提供形态学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

本次试验供试虫源为采自宁夏六盘山和辽宁本溪铁刹山的干制标本及采自沈阳师范大学校园的新鲜标本,并由本文通讯作者进行鉴定。选用触角齐全的雄性瘤胫厕蝇供试。

1.2 标本制备及观察

取雄瘤胫厕蝇干制标本 3 只、新鲜标本 3 只,在生理盐水中剥离触角,样品先用 KQ3200B 型超声清洗仪清洗 3 min,蒸馏水中清洗 3 遍,清除表面污物,然后用 2.5% 的戊二醛溶液(0.1 mol·L^{-1} pH 7.4 的磷酸缓冲液配制)固定 24 h(新鲜标本 28 h),蒸馏水清洗 3 遍,每次 15 min;接着

* 资助项目:国家自然科学基金(30770252;31071957)。

**通讯作者,E-mail: wangmingfu403@163.com

收稿日期:2010-07-09,接受日期:2010-10-16